



⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—212779

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 M 8/06

識別記号

庁内整理番号  
7268—5H

⑬ 公開 昭和57年(1982)12月27日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 燃料電池発電システムにおける燃料制御方式

⑮ 特 願 昭56—97126

⑯ 出 願 昭56(1981)6月23日

⑰ 発 明 者 竹内靖雄

大阪市北区中之島3丁目3番22  
号関西電力株式会社内

⑱ 発 明 者 多鹿功豊

東京都千代田区大手町2丁目2  
番1号日揮株式会社内

⑲ 発 明 者 野木俊秀

川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機製造株式会社内

⑮ 出 願 人 関西電力株式会社

大阪市北区中之島3丁目3番22  
号

⑯ 出 願 人 日揮株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2  
番1号

⑰ 出 願 人 富士電機製造株式会社

川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑲ 代 理 人 弁理士 山口巖

明 細 書

1. 発明の名称 燃料電池発電システムにおける燃料  
制御方式

2. 特許請求の範囲

原燃料を水蒸気改質して水素燃料ガスを生成する改質装置を含む燃料処理装置と、該装置から得られる水素燃料ガスを燃料とする燃料電池とを備え、燃料電池の燃料排ガスを改質装置のバーナ燃料として利用するようにした燃料電池発電システムにおいて、少なくとも燃料電池負荷を入力として弁開度設定値を演算出力する出力制御演算部を設け、燃料電池の負荷変動に応じて前記出力制御演算部より原料供給調整弁、改質用水蒸気供給調整弁および燃料電池への燃料ガス流量調整弁を同時にかつ直接的に制御するとともに、改質装置のバーナ燃料として燃料電池の燃料排ガス以外に別途補助燃料供給路を設け、この供給路に設けたバーナ補助燃料調整弁を改質装置の出口温度に依存して制御することを特徴とする燃料電池発電システムにおける燃料制御方式。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、原燃料、たとえばメタンガスを主成分とする天然ガスを水蒸気改質して水素燃料ガスを作り、これを水素—酸素(空気)型燃料電池に供給して直流電力を発生させ、場合によっては更にインバータを介して交流電力を得るような燃料電池発電システム、とくにその燃料制御システムに関する。

この種の燃料電池発電システムは、米国におけるターゲット計画を端緒として種々の研究開発、改良がなされているが、システム上はいくつかの課題があり、そのうちの大きなものは負荷変化に対する応答性の問題である。すなわち、燃料電池の負荷変化に対する応答は瞬時的であるのに対し、改質装置を主体とする燃料処理装置の応答には時間遅れがあるため、何らかの対策を施さないと、負荷変化に対し電力供給が追従できず、また燃料電池に過差圧が加わって機械的強度を脅かす可能性がある。

この対策として、特開昭53—81923号にて—

つの方法が提案されている。この方法は、

(1) 燃料電池の最大出力作動に対して必要な流量よりも大きな流量が供給できる原料調整弁と混合成分供給弁とを含み、

(2) 燃料処理装置と燃料電池との間に設けられ燃料電池の負荷に応じて制御される隔離弁を備え、

(3) 燃料処理装置から燃料電池へ供給する燃料ガス吐出し圧力に比例した信号で原料調整弁と混合成分供給調整弁を制御するとともに、

(4) 改質装置のバーナ燃料源は燃料電池の燃料排ガスとし、改質装置の出口温度に依存してその供給量を制御する

ことを主な構成要件としている。

ところが、この方法では、

(a) 一つの制御信号により変化する別の制御信号によって、すなわち、燃料電池の負荷変化に基づき隔離弁を制御した結果として燃料処理装置の燃料ガス吐出し圧力が変化することを利用して連続的な制御を行おうとしているため、応答時間が未だ十分に短いとはいえない。

- 3 -

焼させるだけのために高い費用をかけて原料ガスを改質していることにつながるから、プラント全体の効率から見れば好ましいことではない。

一方、水素利用률을極度に高めると、燃料電池の効率が低下するのみならず、負荷変動時、とくに負荷の急増時に対処できないことになる。

このためプラント効率を最大ならしめる最適な燃料電池の水素利用률이存在することになるが、この値は前述の改質反応から定まる値とは一般に一致しない。いうまでもなくこの最適値はプラントの内容によって当然前後するものであるが、ここで基本的に必要なことは、プラント効率や燃料電池効率等に基づいて定められた水素利用률の最適値を實際にとり得るようにすること、すなわち燃料電池の水素利用률을任意の値に設定できるようにすることである。

前述の従来技術の方法では、水素利用률은必然的に固定されてしまうので、上記要望にはこたえられない。

したがって本発明の目的とするところは、燃料

(b) 燃料電池最大出力に対して必要な流量よりかなり大きな流量を供給できる原料調整弁と混合成分供給調整弁とを備えねばならず、微妙な制御を要求されるこの種の弁を大容量のものとしねばならない。

(c) さらに基本的な欠点として、燃料電池効率に対して影響度の大きい水素利用률을任意に設定できない

という問題点がある。

すなわち、上述した従来技術においては、吸熱反応を行う改質装置に対し該装置が所定の温度を保つに必要なバーナ燃料を燃料電池の燃料排ガスという形でのみ供給しているので、燃料電池の水素利用률(消費ガス量と供給ガス量の比)は与えられた条件下では改質反応から定まってしまう、任意に変更することは不可能である。燃料電池単体の効率から見れば水素利用률이低い方が燃料電池の全般にわたって新鮮な水素ガスの連続供給を受けることにつながるから好ましいのであるが、水素利用률이低いということは、バーナで単に燃

- 4 -

電池の負荷変動に対する燃料制御の追従性をより迅速に保ちつつ、燃料電池の水素利用률을最適値に任意に設定することのできる燃料制御方式を提供することにある。

この目的は本発明によれば、原料ガスを水蒸気改質して水素燃料ガスを生成する改質装置を含む燃料処理装置と、該装置から得られる水素燃料ガスを燃料とする燃料電池とを備え、燃料電池の燃料排ガスを改質装置のバーナ燃料として利用するようにした燃料電池発電システムにおいて、少なくとも燃料電池の電気負荷を入力として弁開度設定値を演算出力する出力制御演算部を設け、燃料電池の負荷変動に応じて前記出力制御演算部より原料供給調整弁、改質用水蒸気供給調整弁および燃料電池への燃料ガス流量調整弁を同時にかつ直接的に制御するとともに、改質装置のバーナ燃料として燃料電池の燃料排ガス以外に別途補助燃料供給路を設け、この供給路に設けた補助燃料調整弁を改質装置の出口温度に依存して制御することによって達成される。

- 6 -

第1図は本発明が好適に適用され得る燃料電池発電システムの一実施例の基本系統図である。

第1図において、10は水素-酸素(空気)型の燃料電池で、燃料11、酸化剤(空気)室12、電極13および14ならびに電解液室ないしは電解液含浸マトリックス15から構成されている。空気室12には、空気源16からブロー17を介して空気が給送される。この空気は燃料電池起動時および必要に応じて運転時にブロー18および起動用空気加熱器19を介して一部循環させられて所定の温度に保持される。燃料室11には原料ガスを水蒸気改質して得た水素を多量に含む燃料ガスが供給される。改質プロセスは次のとおりである。

まず原料ガスとしては、メタンガスを主成分とする天然ガスが用いられるが、改質用の触媒の活性低下の原因となる硫黄分を除去するために、原料ガス源21からの原料ガスに水素(たとえば発達する気水分離器49からの水素含有ガスの一部)を添加して脱硫反応器24に送り込む。脱硫反応

- 7 -

を介して燃料電池10の燃料室11に供給される。

燃料電池10の出力は直流(DC)であるので、サイリスタ変換装置60にて交流(AC)に変換して最終的な出力とされる。

以上が本発明の適用される燃料電池発電システムの概要であるが、実際のシステムにおいては各種の弁や計測制御機器が必要であり、第1図にはこれらのうち本発明に関係の深い弁のみが示されている。すなわち、V1は原料供給調整弁で改質装置30へ供給する原料ガスの流量を調整する。V2は水蒸気供給調整弁で、改質用の水蒸気の流量を調整する。V3は圧力調整弁で気水分離器まで含めた燃料処理装置、実質的には改質装置の内部圧力を調整する。V4は燃料ガス流量調整弁、V5は燃料電池の燃料圧力調整弁、V6は改質装置のバーナ燃料調整弁で、燃料電池の燃料排ガスを処理塔39へ分岐排出することにより調整を行なうものである。V7は本発明の特徴をなすバーナ補助燃料調整弁である。

第2図はこれらの弁を本発明の目的に沿って制

- 9 -

器24において硫黄分を除去された原料ガスは、水蒸気発生装置25からの水蒸気とともに改質装置30に送られる。改質装置30はたとえば外部加熱形が多管式反応炉として構成され、メタンガスと水蒸気とをたとえばニッケル系触媒により反応させて、一酸化炭素と水素とを生成する。改質装置30には、燃料電池の空気室12からの排出ガスを配管32を介して供給するとともに、燃料電池の燃料室11からの排出ガスと、本発明により導入される補助燃料としての原料ガスの一部とを配管34を介して供給し、改質装置30内で燃焼させる。

さて、改質装置30を通過して水蒸気改質された原料ガスは、燃料電池10の電極13を劣化させる一酸化炭素を含んでいるので、一酸化炭素変成器40に送られ、そこで一酸化炭素を二酸化炭素に変成する。

かくして精製された水素を含む燃料ガスは冷却器48にて冷却されたのち、気水分離器49にて水分を分離され、必要に応じてリザーバタンク80

- 8 -

御するための本発明の実施例を示すもので、動作原理の理解を容易ならしめるために、各種配管系は要部のみを抽出しかつ簡略化して描かれている。

第2図において、第1図と対応する部分には同一の符号が付されている。50は第1図における原料供給調整弁V1と圧力調整弁V3との間の燃料処理装置全体を示すが、その主体は改質装置30であり、そのバーナ部が51で示されている。Tは改質装置出口温度測定部、P1、P3およびP5は圧力測定部、Q1、Q2、Q4、Q6およびQ7は流量測定部、C1~C7は流量または圧力調節器である。70は出力制御演算部で、入力として燃料電池の電気負荷に関係する信号、たとえば燃料電池の有効電力検出部71の出力信号を受けて、予め判明している電池特性や水素利用率設定値等から適切な弁開度設定値90を演算出力する。出力制御演算部70にはその段かに燃料調整弁V4の直前の圧力(リザーバタンク80が設けられる場合にはその圧力)を測定する圧力測定部P1の出力p1や蒸気量と燃料中の炭素量との量的比率

- 10 -

を表わす公知のS/C設定値等が付加的ないし補正量として加えられるが、弁開度設定値に最も大きな影響を及ぼす因子は燃料電池の電気負荷（電流単位の検出であつてもよい）である。

出力制御演算部70の出力である弁開度設定値80は原料供給調整弁V1、水蒸気供給調整弁V2および燃料ガス流量調整弁V4のそれぞれの流量調節器C1、C2およびC4に同時に与えられかつ各弁の開度設定を直接的に与える。図では同一の弁開度設定値80が各調節器に与えられるように簡略図示されているが、実際には各弁の弁開度-流量特性に見合った個別の設定値が与えられる。要は燃料電池の電気負荷変動に応じて各弁の開度設定を同時にかつ直接的に行うことが必要である。

かくして従来技術のごとく負荷変動を一旦圧力変動としてとらえてから弁を制御する場合に比して、応答の迅速性が向上することになる。

このように各弁の開度が一斉に設定されることにより各弁の流量間に許容できない不平衡が生じる場合には、燃料調整弁V4の直前圧力p1によ

-11-

ただし負荷急変時の燃料制御の追従性を良くするためには、出力制御演算部70の出力をたとえば前述した中間介在の温度調節器にフィードバックワード入力として与え、一時的に大量にベントさせるなどの制御を加味してもよい。

本発明の特徴であるバーナの補助燃料供給路は、実施例においては原料ガスをバーナ補助燃料調整弁V7を介して供給する形で実施されている。この弁の調節器には改質装置出口温度（実際には中間に介在する温度調節器の出力）が設定値として与えられる。

バーナ燃料調整弁V6とバーナ補助燃料調整弁V7とは、燃料電池の燃料排ガスが優先して消費されるように相互に関連して制御される。したがって通常負荷時には弁V6はほぼ全閉であり、弁V7が改質装置出口温度に依存して制御される。補助燃料を0にしてもなお改質装置の温度が高過ぎる場合および急速にバーナ燃料を減少させる必要が生じた場合にのみバーナ燃料調整弁V6が開かれる。これらの弁の制御にはとくに図示はしな

-13-

り出力制御演算部70において補正演算を行うか、あるいは圧力測定部P1の出力p1を各弁の調節器に直接導いて微調整を行うことにより解決できる。改質装置内圧力は圧力測定部P3の出力と設定値83とにより調節器C3を介して圧力調整弁V3にて所望の値に制御される。また燃料電池10の燃料室11内の圧力は、圧力測定部P5の出力と設定値85とにより調節器C5を介して燃料圧力調整弁V5にて所望の値に制御される。

さて、本発明では燃料電池の水素利用率をプラント効率を勘案した最適値に任意設定できるようにするために、燃料電池の燃料排出ガスのうちの可燃性ガス成分量を改質装置のバーナに要求される量よりも少な目とし、これを補助燃料により補うようにしている。

すなわち、バーナ燃料調整弁V6は改質ガス出口温度（実際には温度調節器が中間に介在する）を設定値として燃料電池の燃料排ガスのベント制御を行うものであるが、通常の運転状態では弁V6は全閉かまたは僅かに開かれる程度にしておく。

-12-

いが通常の圧力補正などの補正制御を加味することができるとができる。

以上の実施例の説明から明らかなように、本発明においては、単にバーナ燃料が不足するからという理由で補助燃料を利用するのではなく、燃料電池の水素利用率をプラント効率上最適値に任意設定するという目的で、意図的に燃料電池の燃料排ガス量（正確にはそのうちの可燃性成分量）を改質装置の要求量より少な目にして補助燃料にてこれを補うようにしたものであつて、実用プラントとして従来技術では達し得ない効率向上を達成し得るものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の適用されるシステムの系統図、第2図は本発明の実施例の要部系統図である。

10…燃料電池、30…改質装置、70…出力制御演算部、V1…原料供給調整弁、V2…水蒸気供給調整弁、V4…燃料流量調整弁、V6…バーナ燃料調整弁、V7…バーナ補助燃料調整弁。

-14-

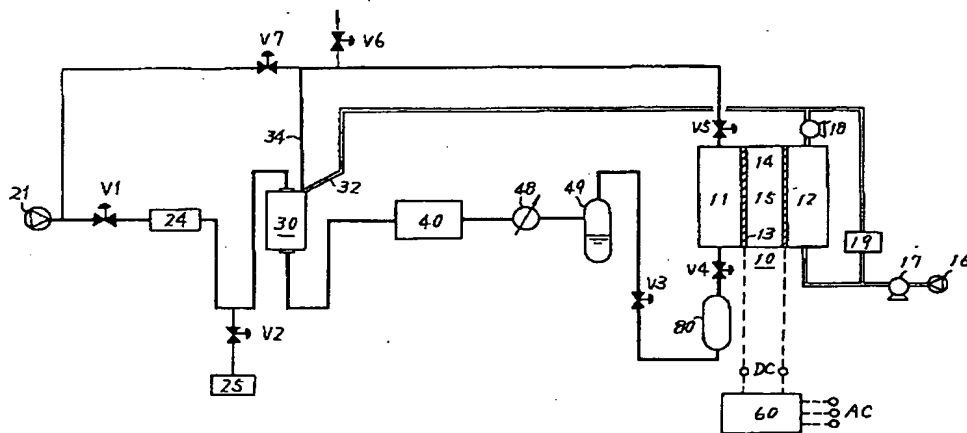


図1

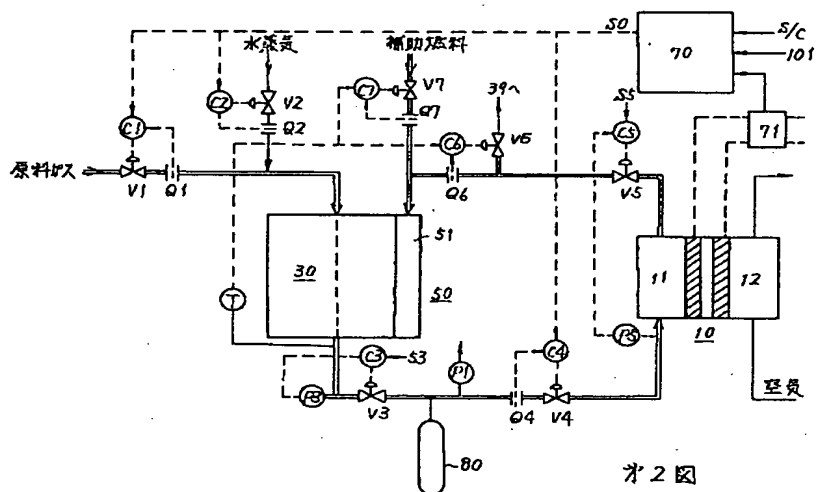


図2